

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVA

DAVID ŠOŠIĆ

MIKORIZA – UTJECAJ PRAVIH VRGANJA (*Boletus*) I SLINAVKI
(*Suillus*) NA OBIČNI BOR (*Pinus sylvestris* L.)

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, rujan 2018.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod: Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarenje

Predmet: Osnove poznavanja gljiva

Mentor: Danko Diminić

Asistent - znanstveni novak:

Student (-ica): David Šošić

JMBAG:

Akad. godina:

Mjesto, datum obrane: Zagreb,

Sadržaj rada: Slika:8

Tablica: 0

Navoda literature:20

Sažetak:

Simbioza je suživot dvaju ili više organizama u kojem barem jedan ima koristi, a jedan od najpoznatijih primjera je mikoriza, simbioza gljiva i biljaka. Mikoriza ima pozitivne učinke na rast i razvoj biljaka te se godinama istražuje. Veliki broj gljiva ulazi u simbiozu sa borovima, a posebno sa običnim borom (*Pinussylvestris*) koji je najraširenija vrsta iz porodice borovki (*Pinaceae*). Istraživanja su pokazala da rod *Boletus* (pravi vrganji) i rod *Suillus* (slinavke) imaju izuzetno pozitivan utjecaj na rast i razvoj običnog bora te da su upravo one ključne u njegovoj velikoj rasprostranjenosti.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Karakteristike gljiva	2
3. Mikoriza.....	3
4. Rod <i>Boletus</i> – pravi vrganji	6
5. Rod <i>Suillus</i> – slinavke	8
6. Obični bor (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	10
7. Utjecaj pravih vrganja i slinavki na obični bor.....	12
8. Zaključak	14
9. Literatura	15

1. Uvod

Unatoč tome što biljne vrste najčešće promatramo kao pojedinačne jedinke, već godinama znamo da biljke na različite načine komuniciraju sa drugim jedinkama i sa drugim oblicima života. Na njih utječu brojni čimbenici, poput vlage, temperature i hranjivih tvari, ali ne smijemo zaboraviti na jedan vrlo važan čimbenik koji utječe na rast i razvoj biljaka, a to su organizmi u tlu (bakterije, alge, gljive). Neki organizmi žive kao samostalne jedinke, dok drugi uspostavljaju simbiotski odnos s biljkom kako bi osigurali vlastito preživljavanje.

Simbioza predstavlja suživot između dva ili više organizama, u kojoj barem jedan sudionik ima koristi iz tog odnosa. Ukoliko svi sudionici od tog odnosa imaju koristi, govorimo o mutualizmu. Najpoznatiji primjer takvog odnosa je simbioza gljiva i biljaka koji zovemo mikoriza. Neke gljive preferiraju određene porodice biljaka, dok druge gljive uspostavljaju simbiotske odnose sa većinom biljnih vrsta. Ova simbioza utječe na većinu fizioloških procesa u biljci te ona može u lošijim uvjetima imati pozitivniji rast i razvoj od biljke koja ne tvori simbiotski odnos sa gljivom. Obzirom da mikoriza ima sposobnost povećanja rasta i razvoja biljke, ova vrsta odnosa se već dugi niz godina pomno istražuje.

2. Karakteristike gljiva

Iako su se u prošlosti smatrale jednostavnijim oblikom biljaka i time se svrstavale u carstvo biljaka, gljive su danas jedno od četiri carstva (*Fungi*) u domeni eukariota. To su nepokretni eukariotski organizmi koji predstavljaju posebni oblik života na Zemlji. Hrane se heterotrofno apsorpcijom organskih tvari. Preferiraju vlažna područja i najbolje rastu na temperaturi 15-35 °C (Božac, 2008). Razlikujemo niže gljive građene od samo jedne stanice i više gljive građene od više stanica čije je tijelo organizirano u obliku micelija. Micelij je vegetativno tijelo gljive izgrađeno od mreže hifa koje se granaju u svim pravcima i koje prodiru u tlo u svrhu prikupljanja vode i hranjivih tvari. On u određenim uvjetima može prijeći u reproduktivnu fazu i razviti spore koje se šire uz pomoć vjetra, vode ili životinja. Prisutne su u gotovo čitavoj biosferi, no daleko najviše gljiva nalazi se u kopnenim ekosustavima (Tkalčec, Z., Mešić, A., Matočec, N. i Kušan, I. (2008): Crvena knjiga gljiva Hrvatske).

Po načinu života gljive mogu biti paraziti, saprobionti ili simbionti. Parazitske gljive napadaju žive biljke, životinje i druge vrste gljiva te preživljavaju iskorištavajući domaćina, saprobionti razlažu organske tvari biljnog porijekla u prirodi, dok simbiotske gljive žive u zajednici sa brojnim biljnim vrstama na obostranu korist.

Imaju izuzetnu ekološku ulogu na Zemlji, a najvažnija im je uloga razgradnja organske tvari do anorganskih komponenata kojima se biljke mogu koristiti ponovno u sintezi organskih spojeva. Upravo to omogućuje kruženje biogenih elemenata u prirodi (Tkalčec, Z., Mešić, A., Matočec, N. i Kušan, I. (2008): Crvena knjiga gljiva Hrvatske).

Pretpostavlja se da u Hrvatskoj živi oko 20.000 vrsta gljiva. Međutim, smatra se da je danas zabilježeno samo 25% vrsta te su gljive još uvijek nedovoljno istražene (Tkalčec, Z., Mešić, A., Matočec, N. i Kušan, I. (2008): Crvena knjiga gljiva Hrvatske)..

Kao i većina drugih organizama, i gljive mogu biti izuzetno ugrožene i to prvenstveno zbog ljudskog faktora. Najčešći razlozi ugroženosti gljiva su degradacija staništa, onečišćenje te sakupljanje plodišta jestivih gljiva (Tkalčec, Z., Mešić, A., Matočec, N. i Kušan, I. (2008): Crvena knjiga gljiva Hrvatske).

3. Mikoriza

Simbiotska zajednica koja se stvara između gljive i korijena stablašice se zove mikoriza (Slika 1.) (grč. *mykos*=gljiva + *rhiza*=korijen), a javlja se kod svih golosjemenjača i kod 82% dosad istraženih vrsta kritosjemenjača (Fiziologija šumskog drveća, 2013). Mikorizu je otkrio poljski botaničar Franciszek Kamiński 1880. godine (Čolić, 2013). Micelij gljiva obavija korijenje biljke te uz pomoć tankih i brojnih hifa funkcionalno zamjenjuje korjenove dlačice. Na taj način gljive snabdijevaju biljku mineralnim tvarima, potiču korijenje na rast i grananje te štite biljku od patogenih gljiva i bakterija u tlu, a od biljaka uzimaju ugljikohidrate.

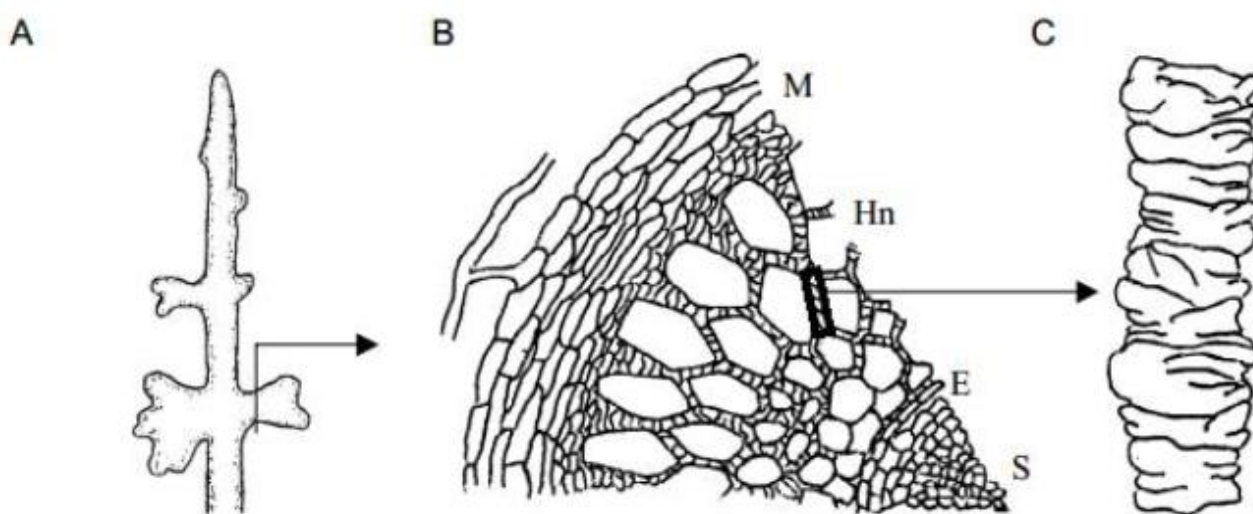


Slika 1. Uzorak korijenja sa mikozirom

(preuzeto sa <https://www.agroklub.com/ratarstvo/mikoriza-simbioza-korijenja-i-micelija-mikoriznih-gljiva/9621/>, 26.8.2017.)

Postoje dvije osnovne vrste mikorize, ektomikoriza i endomikoriza, te prijelazni oblici između te dvije vrste. Ektomikozira (Slika 2.) je vrsta mikorize u kojoj hife gljive obavijaju korijen biljke izvana. Gljive koje formiraju ektomikorizu pripadaju velikom broju porodica iz odjela *Basidiomycota*, a manji dio iz razreda *Ascomycota*. Ne prodiru u stanice korijena nego ih okružuju tvoreći tzv. hartigovu mrežu. Hartigova mreža sastoji se od razgranatih sistema u obliku labirinta ili ventilatora koji pokrivaju veliku dodirnu površinu između stanica oba simbionta (Šeput, 2017).

Ako hife gljive prodiru unutar korijena više biljke, riječ je o endomikorizi. Hife ulaze u stanice primarne kore korijena i tamo tvore mjehuraste i razgranate strukture. Endomikoriza je puno raširenija od ektomikorize i smatra se da je gotovo 95% biljnih vrsta kompatibilno sa endomikoriznim gljivama, dok je samo 5% biljnih vrsta kompatibilno sa ektomikoriznim vrstama gljiva (Gluhić, 2014).



Slika 2. Presjek ektomikorize na korijenu običnog bora (*P. sylvestris*): A) Vrh postranog korijenčića, B) Presjek vrha korijenčića s (M) omotačem hifa, (Hn) međustanične hife potpuno razvijene Hartigove mreže, (E) endoderm i (S) centralna stela, C) Povećanje naboranih hifa Hartigove mreže. (Izvor: Zgrablić, 2015)

Mikoriza ima brojne prednosti (Čolić, 2013; Draguzet, 2015; Sokol, 2017):

- štiti biljku od patogena jer gljive napadaju patogene gljive, bakterije i nematode, aktiviraju mehanizam zaštite i potiču jačanje imunološkog sustava biljke domaćina

- štiti biljku od suše – hife gljive djeluju kao svojevrsni biorezervoar vode tijekom sušnih razdoblja
- bolja prilagođenost biljke na otežane uvjete u tlu jer gljive mogu uravnotežiti pH i salinitet tla u neposrednoj blizini korijenovih dlačica biljke
- gljive luče enzime koji omogućuju brži raspad organske tvari u tlu i veću pristupačnost oskudnih elemenata
- omogućuje biljci kvalitetnije korištenje fosfora i dušika
- poboljšava apsorpciju minerala iz tla
- smanjuje potrošnju vode i do 40%
- regulira pH vrijednost biljke
- ubrzava rast biljke
- povećava urod biljke za 25%
- štiti biljku od teških toksičnih metala jer ih akumulira u svojim stanicama, a ne prosljeđuje ih biljci
- bolja kvaliteta plodova
- pojačan intenzitet fotosinteze
- veća bujnost biljke
- smanjuje potrošnju sredstava za zaštitu bilja
- smanjuje potrošnju gnojiva

4. Rod *Boletus* – pravi vrganji

Pravi vrganji (Slika 3.) su rod gljiva unutar porodice *Boletaceae*. Pretpostavlja se da danas postoji više od 100 vrsta unutar ovog roda. Opisao ih je Carl Linnaeus 1753. godine. To su krupne gljive koje imaju robusnu dršku (Medved, 2015). Imaju trbušast stručak koji je izuzetno mesnat, pun i sa istaknutom mrežicom te je postavljen centralno u odnosu na klobuk bez vjenčića (Širić i sur., 2012). Neke vrste mogu promijeniti boju mesa na zraku ili na dodir, ali to nije znak otrovnosti gljiva nego je jedna od karakteristika koje pomažu pri determinaciji jedinke (Božac, 2003). Raste u svim šumama i gotovo sve vrste žive u simbiozi (Božac, 1963). Vrste unutar ovog roda formiraju s biljkom ektomikorizu (Božac, 2008).



Slika 3. Rod *Boletus* – pravi vrganji (preuzeto iz Uzelac, 2005)

Sectia *Edules* – komercijalno vrijedni jestivi vrganji. Imaju svijetlo, gotovo bijelo meso, robusnu dršku s obaveznom mrežicom.

Sectia *Calopodes* – nejestivi vrganji. Imaju bijelo meso i žuti micelij.

Sectia *Fragranti* – tamniji od prethodnih vrsta.

Sectia *Luridi* – narančasto do crvene boje. Subsectia *Satanas* – otrovne vrste.

Najpoznatija vrsta ovog roda je svakako *Boletus edulis* (Slika 4.). Vrsta ima mesnat i tvrd klobuk. Kožica je sitno naborana, a pod utjecajem visoke količine vlage postaje izuzetno sjajna. Stručak je debeo i čvrst, a može biti valjkast ili trbušast, te je prožet nježnobijelo do smeđom mrežicom. Klobuk može mijenjati boju, ovisno o starosti, staništu i sličnim okolnostima. On može biti bijel, svijetlo do tamnosmeđ, kestenjastocrvenkast, čak i siv, a rub mu je uvijek malo svjetliji od sredine. Tanke i duge cjevčice nisu pričvršćenje za stručak te se mogu odvojiti od klobuka. Raste u pravilu od kraja ljeta do kasne jeseni, u šumama četinjača, pretežno na prozračnim mjestima (Vrhovec, 2006).



Slika 4. *Boletus edulis* – pravi vrganj (preuzeto sa Vrhovec, 2006)

Osim ove, poznatije vrste u Republici Hrvatskoj su i *Boletus pinophilus* (crvenkasti vrganj), *Boletus aestivalis* (ljetni vrganj), *Boletus aereus* (hajdinski vrganj), *Boletus erythropus* (zelenjača) te *Boletus satanas* (sotonski vrganj) (Vrhovec, 2006).

Neke vrste koje su prije bile unutar ovog roda danas su odvojene u zaseban rod, rod *Suillus* (slinavke), kao što je to npr. *Boletus luteus*, sada *Suillus luteus*.

5. Rod *Suillus* – slinavke

Slinavke (Slika 5.) su prosječno manje gljive koje se uglavnom vežu za zimzelene vrste drveća (Medved, 2015). Uglavnom rastu na područjima sjeverne hemisfere, iako su neke vrste otkrivene i u područjima južne hemisfere (Kirk i sur., 2008). Iako se nekoliko vrsta rasprostire u tropskim regijama (obično u planinskim područjima), većina ih je ograničena na umjerena područja (Singer, 1986). Imaju pun i točkast stručak koji je smješten ispod klobuka sa vjenčićem (Širić i sur., 2012). Klobuk je prekriven kožom koju obavezno treba oljuštiti, a sve vrste su dobre za sušenje (Uzelac, 2005). Micelij je žut, maslinast ili narančast (Božac, 1963). Sve vrste iz ovog roda tvore simbiotski odnos sa vrstama iz porodice borovki, posebno sa vrstama iz rodova *Pinus*, *Larix* i *Pseudotsuga* (Daljev, 2017).



Slika 5. Rod *Suillus* – slinavke; s lijeva - *Suillus granulatus*, *Suillus luteus* i *Suillus gravillei* (preuzeto sa Uzelac, 2005)

Predstavnikom vrste možemo smatrati osinca (Slika 6.), odnosno vrstu *Suillus luteus* koji je prije bio svrstavan u rod *Boletus*. Ova vrsta ima tvrd i izuzetno mesnat klobuk promjera 4 – 12 cm, tvrd i čvrst valjkasti stručak visine 4 – 10 cm, a boja mu je uglavnom smeđa, ponekad s ljubičastom nijansom. Nema mirisa ni okusa, ali dobre je jestivosti. Raste u skupinama u travi, najčešće u borovim šumama (Vrhovec, 2006).

Osim navedene vrste, u Republici Hrvatskoj poznat je još i *Suillus granulatus* (zrnati sluzavac).



Slika 6. *Suillus luteus* – osinac (preuzeto iz Vrhovec, 2006).

6. Obični bor (*Pinus sylvestris* L.)

Obični ili bijeli bor (Slika 7.) je crnogorična vrsta drveća iz porodice borovki (*Pinaceae*). Rasprostranjen je na velikom području Europe i sjevernog dijela Azije (Slika 8.). Doseže najčešće između 23 i 27 metara u visinu, može narasti čak i do 40 metara, a širina debla je 1 metar. Ima izuzetno snažan korijen koji prodire duboko u tlo. Kora ove vrste je u početku tanka i crvenosmeđe boje, a starenjem drveta kora postaje deblja i izbrazdana. Igljice su duge 5 – 7 centimetara, smještene su u parovima i ostaju na boru najmanje 2 godine (Houston Durrant i Caudullo).



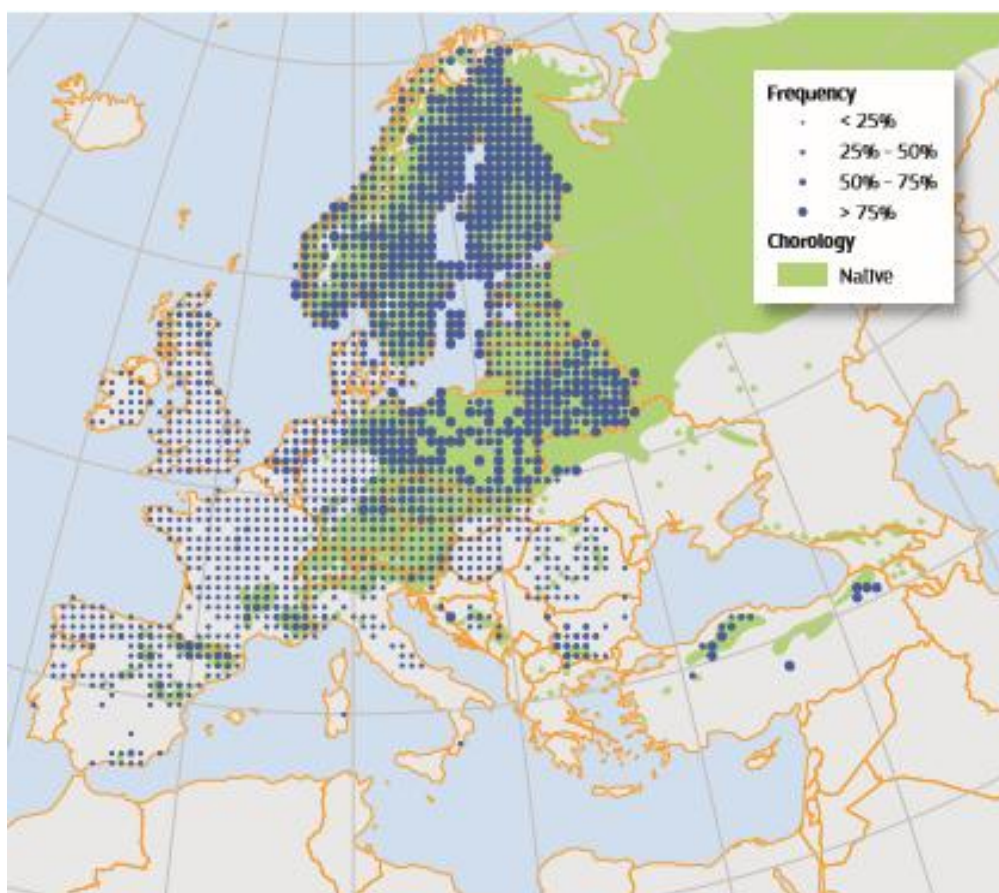
Slika 7. Obični bor (*Pinus sylvestris*)

(slika preuzeta sa https://hr.wikipedia.org/wiki/Obi%C4%8Dni_bor, 27.8.2017.)

Izuzetno je važan za šumarstvo i građevinarstvo. Već godinama se ova vrsta koristi za izradu različitih drvnih proizvoda i za izradu građevnih jedinica. Vlakna običnog bora koristila su se za izradu tekstila. Vrlo često se jedinice koriste u vrtlarstvu za proljepšavanje kamenih vrtova i

raznih područja oko kuća, a komercijalno uzgojene vrste obično se prodaju kao božićna drvca. U brodogradnji se upotrebljava za izradu jarbola, oplata, podnica i ograda. Poznato je da ova vrsta ima i ljekovita svojstva: snažno sredstvo za dezinfekciju bronhija, pospješuje iskašljavanje, pomaže kod teškog disanja, ima učinak kod svih upalnih procesa dišnih puteva, te je odličan lijek protiv reume i gihta.

Ova vrsta je najraširenija vrsta iz porodice borovki. Raste većinom na sunčanim predjelima, najčešće na tlima koji su siromašniji nutrijentima. Vrsta je otpornija na niže temperature, ali teže preživljava atmosferska zagađenja i slane morske vjetrove. Na tlima koja su bogata nutrijentima često je pobijedena od strane drugih vrsta koji su bolje prilagođeni takvom tlu, stoga može preživjeti na siromašnijim tlima (Houston Durrant i Caudullo). Upravo zbog staništa na kojem živi, mikoriza je izuzetno važna za bolji rast i razvoj ove vrste.



Slika 8. Rasprostranjenost i učestalost vrste *Pinus sylvestris* (preuzeto sa Houston Durrant i Caudullo)

7. Utjecaj pravih vrganja i slinavki na obični bor

Mineralne hranjive tvari neprekidno kruže kroz okoliš i kroz organizme koji su u njemu nastanjeni. Imaju izuzetno značajnu ulogu u životu svih biljaka jer posredno ili neposredno sudjeluju u svim njihovim životnim procesima. Zbog toga je dobra mineralna opskrbljenost vrlo važna za život biljaka, te je njihov nedostatak često ograničavajući čimbenik za rast i razvoj. Kemijske elemente koje biljke uzimaju možemo podijeliti na makroelemente i mikroelemente. Makroelementi su oni elementi koji su biljci potrebni u većim količinama, a to su: ugljik, kisik, vodik, dušik, fosfor, kalij, kalcij, sumpor i magnezij. Mikroelementi su oni elementi koji su biljci potrebni u manjim količinama, kao što su željezo, mangan, bor, cink, bakar, molibden, klor, nikal i drugi. Minerali imaju različite funkcije kod biljaka (kataliziraju reakcije, sastavni su dio biljke, reguliraju propusnost staničnih membrana itd.). Nedostatak esencijalnog elementa može izazvati promjene u fiziološkim procesima biljke i može smanjiti rast i razvoj biljke (Fiziologija šumskog drveća, 2013).

Obzirom da vrsta obični bor uglavnom živi na siromašnijim tlima, brojni elementi u tlu su im ograničeni. Simbiotski odnos običnog bora sa vrstama iz roda pravih vrganja i vrstama iz roda slinavki pospješuje snabdjevanje biljke oskudnim elementima iz tla. Vrsta iz roda pravih vrganja, *Boletus edulis*, i dvije vrste iz roda slinavki, *Suillus luteus* i *Suillus bovinus*, među najistraženijim su vrstama mikoriznih gljiva i sve tri vrste ulaze u ektomikorizni odnos sa običnim borom.

Jedan od oskudnijih elemenata u tlu je fosfor koji može biti limitirajući faktor u rastu i razvoju biljnih zajednica. Biljka unosi fosfor u obliku fosfatnih iona i to difuzijom preko površine korijena. Mikorizne gljive na korijenu mogu povećati unos fosfora u biljku domaćina. Mikorizni korijeni i vanjske hife mogu imati veće maksimalne stope priljeva, nižu stopu izljeva i veći afinitet za unos fosfora nego biljke čiji korijen nije mikorizni. Također se mikorizom povećava i kompetitivnost korijena biljke domaćina u tlu, pogotovo u tlima u kojima i mikroorganizmi imaju povećanu kompetitivnost za oskudnim fosforom (Colpaert i sur., 1999). Vrste *Boletus edulis*, *Suillus luteus* i *Suillus bovinus* mogu značajno povećati ulazak fosfora u obični bor. Pomažu povećanju afiniteta korijena bora za fosforom u tlu te poboljšavaju unos fosfora u korijen biljke. Prilikom istraživanja primjećeno je da navedene vrste, osim fosfora, pomažu većem unosu kalija u bor. Također, ove vrste pospješuju unos

dušika u biljku, a ponajviše je to zapaženo u mikoriznom odnosu bora i vrste *Boletus edulis* (Mejstrik, 1975, Colpaert i sur., 1999, Nan Lu i sur., 2016).

Jedan od elemenata čiji se utjecaj na biljke dugo godina istraživao je kadmij. Kadmij je toksičan za vaskularne biljke i nije esencijalan element za biljku, ali ga biljke mogu lako uzeti iz tla. Kadmij često može potaknuti inhibiranje fotosinteze u biljci i poremetiti ravnotežu esencijalnih mikronutrijenata. Obzirom da mikorizne gljive imaju veliki utjecaj u unosu nutrijenata u biljku, pretpostavilo se kako bi mogle imati utjecaj i na unos ovog toksičnog elementa. Obični bor, kao i ostale biljke, može lako uzeti kadmij iz tla i tako se njime otrovati. Međutim, mikoriza se opet pokazala kao uspješan način obrane i preživljavanja. Naime, pokazalo se da vrsta *Suillus bovinus* štiti obični bor od toksičnog kadmija na način da ona zadržava kadmij u miceliju. Ovisno o uvjetima, ona može ili odumrijeti od zadržavanja veće količine kadmija ili neće reagirati na njegovo zadržavanje ukoliko je riječ o manjoj količini. Vrsta *Suillus luteus* također u svom mikoriznom odnosu sa običnim borom štiti tu vrstu od kadmija i to učinkovitije od prethodne vrste. Ona također može biti oštećena zbog zadržavanja kadmija, međutim njezin micelij ima veću sposobnost obnavljanja te ona može dulje preživjeti (Colpaert i Van Assche, 1993). *Suillus bovinus* osim od kadmija može obični bor zaštititi i od toksičnog utjecaja kopra. U mikorizi sa običnim borom, *Suillus bovinus* istovremeno štiti korijen i smanjuje unos metala u domaćina, ali i još uvijek opskrbljuje biljku većim količinama fosfora (Van Tichelen i sur., 2001). Vrsta *Boletus edulis* poznata je po svojoj otpornosti na toksične teške metale te ona u svom mikoriznom odnosu sa običnim borom također štiti jedinku bora od trovanja metalima (Collin-Hansen i sur., 2007).

8. Zaključak

Mikorizni odnosi izuzetno su bitni za rast i razvoj biljaka, posebno vrsta koje se nalaze u područjima sa siromašnim tlima. Mikorize igraju vrlo važnu ulogu u svladavanju teških i stresnih uvjeta okoline u kojima se biljke nalaze te ujedno povećavaju produktivnost biljaka. Hife gljiva mogu prodrijeti dublje u sitne pore tla nego što to mogu korijenove dlačice, te time omogućavaju bolje upijanje i apsorbiranje teško dostupnih i oskudnih mineralnih tvari i teško dostupne vode. Gljive ujedno štite biljku od teških i toksičnih metala koje veliki broj biljnih vrsta lako uzima, čak i u siromašnijim tlima.

Obični bor svoju raširenost i rasprostranjenost duguje upravo mikorizi i svim pogodnostima koje dobiva u tom odnosu. Vrganji i slinavke su važan dio razvoja ove vrste jer svojim spajanjem s borom omogućuju domaćinu usvajanje više hranjivih tvari i vode iz tla. Posebno pozitivan učinak gljive imaju na unos fosfora u biljku, koji je vrlo često ograničavajući element za daljnji rast i razvoj same biljke. Ujedno povećavaju otpornost bora i štite ga od toksičnih metala koji štetno djeluju na fotosintezu i na ravnotežu elemenata u samom boru. Obzirom da su te gljive vrlo često ugrožene zbog antropogenog utjecaja, potrebno je educirati javnost o važnosti očuvanja zajednica gljiva kako bismo time očuvali i brojne biljne zajednice koje o njima ovise.

9. Literatura

Agroklub

<https://www.agroklub.com/ratarstvo/mikoriza-simbioza-korijenja-i-micelija-mikoriznih-gljiva/9621/> (26.8.2017.)

Božac, R. (2008): Enciklopedija gljiva – 2. Svezak, Zagreb, Školska knjiga, 968 str., ISBN: 9789530614734

Collin-Hansen C., Pedersen S. A., Andersen R. A., Steinnes E. (2007). "First report of phytochelatins in a mushroom: induction of phytochelatins by metal exposure in *Boletus edulis*". *Mycologia*. 99 (2): 161–74. PMID 17682769. doi:10.3852/mycologia.99.2.161.

Colpaert, J. V. and Van Assche, J. A. (1993), The effects of cadmium on ectomycorrhizal *Pinus sylvestris* L.. *New Phytologist*, 123: 325–333. doi:10.1111/j.1469-8137.1993.tb03742

Colpaert, J. V., Van Tichelen, K. K., Van Assche, J. A. and Van Laere, A. (1999), Short-term phosphorus uptake rates in mycorrhizal and non-mycorrhizal roots of intact *Pinus sylvestris* seedlings. *New Phytologist*, 143: 589–597. doi:10.1046/j.1469-8137.1999.00471

Čolić, S. (2013): Nevjerojatno otkriće – biljni svijet komunicira preko vlastite podzemne mreže.

URL: <http://alternativa-za-vas.com/index.php/clanak/article/mikoriza> (26.8.2017.)

Daljev, M. (2017): Rod *Suillus*

URL:<http://gdnovisad.weebly.com/determinacija---priru269nici/rod-suillus> (1.9.2017.)

Draguzet, A. (2015): Tlo i mikorizne gljive

URL: <https://www.agroklub.com/sumarstvo/tlo-i-mikorizne-gljive/16246/>(27.8.2017.)

Durrant, T. Houston, D. de Rigo, and G. Caudullo. "Pinus sylvestris in Europe: distribution, habitat, usage and threats."

Gluhić, D. (2014): Mikoriza – kompatibilnost biljnih vrsta

URL:<http://www.gnojdba.info/mikoriza-2/mikoriza-kompatibilnost-biljnih-vrsta/>
(26.8.2017.)

Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A. (2008): Dictionary of the Fungi (10th ed.). Wallingford, UK: CAB International. p. 672. ISBN 0-85199-826-7

Medved, I. (2015): Rodovi i vrste vrganja

URL: <http://www.agroportal.hr/gljivarstvo/2026> (28.8.2017.)

Mejstrik, V.K. (1975): The effect of mycorrhizal infection of *Pinus sylvestris* and *Pice abies* by two *Boletus* species on the accumulation of phosphorus, *New Phytologist*, 74: 455–459. doi:10.1111/j.1469-8137.1975.tb01357

Nan Lu i sur., (2016): Effects of Different Ectomycorrhizal Fungal Inoculates on the Growth of *Pinus tabulaeformis* Seedlings under Greenhouse Conditions, *Forests* 2016, 7, 316

Singer R. (1986): The Agaricales in Modern Taxonomy (4th ed.). Königstein im Taunus, Germany: Koeltz Scientific Books. pp. 752–7. ISBN 3-87429-254-1.

Sokol, M. (2017): Mikoriza

URL: <http://moulis.hr/1/mikoriza/>

Šeput, J. (2017): Utjecaj mikoriznih gljiva na rast i razvoj voćarskih kultura – diplomski rad

Širić i sur., (2012): Zastupljenost gljiva iz porodice Boletaceae u Parku prirode Medvednica, 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture . Opatija . Croatia (121–125)

Van Tichelen, K. K., Colpaert, J. V. and Vangronsveld, J. (2001): Ectomycorrhizal protection of *Pinus sylvestris* against copper toxicity. *New Phytologist*, 150: 203–213. doi:10.1046/j.1469-8137.2001.00081

Vrhovec, B. (2006): Gljive u Hrvatskoj, Mozaik knjiga, Zagreb

WikipediaURL:<https://hr.wikipedia.org>